

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Jakob Uršič

**ODKRIVANJE ŠAHOVSKIH
MOTIVOV Z ANALIZO OČESNIH
PREMIKOV ŠAHISTA**

MAGISTRSKO DELO
MAGISTRSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: akad. prof. dr. Ivan Bratko

Ljubljana, 2017

AVTORSKE PRAVICE. Rezultati magistrskega dela so intelektualna lastnina avtorja in Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavljanje ali izkoriščanje rezultatov magistrskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

©2017 JAKOB URŠIČ

ZAHVALA

Rad bi se zahvalil mentorju akad. prof. dr. Ivanu Bratku za vso strokovno pomoč in nasvete pri izdelavi magistrske naloge, ki je potekala v sproščenem in prijetnem vzdušju.

Hvala tudi Dayani Hristovi za sodelovanje in pomoč ob začetku projekta.

Jakob Uršič, 2017

Kazalo

Povzetek

Abstract

1	Uvod	1
2	Pregled sorodne literature	3
3	Opis podatkov	9
4	Pretvorba koordinat fiksacijskih točk v pripadnost šahovskim motivom	11
4.1	Začetni koraki razvoja formule	11
4.2	Končna verzija formule	17
5	Pregled rezultatov z opisanimi metodami	23
6	Napovedovanje odgovora s strojnim učenjem	31
6.1	Preureditev podatkov v obliko za strojno učenje	32
6.2	Izvedba napovedi in ovrednotenje	33
7	Sklepne ugotovitve	41
A	Pregled šahovskih taktičnih pozicij	43

Povzetek

Naslov: ODKRIVANJE ŠAHOVSKIH MOTIVOV Z ANALIZO OČESNIH PREMIOV ŠAHISTA

Ko šahist išče najboljšo potezo v dani poziciji, v mislih preiskuje drevo možnih nadaljevanj partije. Da lahko obvlada veliko kombinatorično zahtevnost tega drevesa, si šahist pomaga z značilnimi šahovskimi motivi, kot so dvojni napadi ali vezave figur. V tem delu poskušamo iz posnetka očesnih premikov šahista med reševanjem problema avtomatsko detektirati motive, ki jih je šahist uporabljal med reševanjem. Razvili smo formulo, ki podatke, pridobljene s sledenjem očesnim premikom med reševanjem problema, pretvori v pripadnosti vnaprej določenim šahovskim motivom, ki se nahajajo v poziciji. Rezultate smo analizirali najprej ročno, ter jih primerjali z retrospekcijami šahistov, izvedenimi po opravljenem poskusu. Nato smo časovne vrste pripadnosti motivom na različne načine prilagodili potrebam strojnega učenja, ter z uporabo nevronske mreže napovedali šahistove odgovore in napovedi ovrednotili. Razvita metoda za določanje pripadnosti motivom deluje zadovoljivo, ni pa odporna na primere, kjer obstaja visoka stopnja medsebojnega prepletanja motivov.

Ključne besede

strojno učenje, sledenje gibanja očesa, reševanje problemov, modeli človekovega reševanja problema, šahovski motivi, taktični šahovski problemi, šah

Abstract

Title: DISCOVERING CHESS MOTIFS WITH ANALYSIS OF CHESS PLAYER'S EYE MOVEMENT

When looking for a best move in a given position, a chess player explores in his mind a tree of possible continuations of the game. To cope with a large combinatorial complexity of this tree, the player uses typical chess motifs, such as double attacks or pinned pieces. In this thesis we attempt to automatically detect from the player's eye movement the motifs that the player is using during problem solving. We developed a formula that converts eye tracking data obtained from problem solving, into a degree of membership for predefined chess motifs in the position. Results were analysed and compared with retrospections of chess players, which were obtained immediately after the problem solving experiment. Then the time series of motifs were adjusted in different ways, so they are more convenient to use with machine learning algorithms. We trained a neural network to predict players' chess moves from their eye movements. The developed method for motif detection seems to work promising, however it has a disadvantage of not being able to perform in positions where very similar motifs exist.

Keywords

machine learning, eye tracking, problem solving, models of human problem solving, chess motifs, tactical chess problems, chess

Poglavje 1

Uvod

Tematika modeliranja človekovega reševanja problemov, kjer človek preiskuje med alternativami, je bila prisotna že pred več desetletji [13]. V tem delu se bomo osredotočili na eksperimentalno domeno šaha oz. reševanja šahovskih problemov s sledenjem očesnih premikov šahista [14, 15]. Reševanje šahovskih problemov lahko opišemo kot preiskovanje in razpoznavanje v poziciji prisotnih motivov ter natančnim izračunom z motivi povezanih variant, ki vodijo do dobljene pozicije. Pripomoček za učinkovito preiskovanje so v našem primeru torej omenjeni šahovski motivi.

Do sedaj se je razpoznavanje prisotnih motivov navadno ugotavljalo z opravljenimi retrospekcijami po zaključenem reševanju, ko je šahist opisal, kako je prišel do rešitve, kot npr. v [3, 10, 11]. Ideja naše naloge je na osnovi podatkov o sledenju premikom očesa šahista razviti in uporabiti avtomatski način za detekcijo, katere izmed vnaprej določenih šahovskih motivov v posamezni poziciji je šahist imel v mislih pri poteku reševanja problema za vsak dani trenutek (zaporedje očesnih fiksacij).

Na ta način želimo ugotoviti, kako šahist pregleduje določene motive skozi čas reševanja problema, ter kakšen je morebiten vpliv poteka reševanja na končno rešitev. Rezultate želimo tudi primerjati z retrospekcijami šahistov, ki so bile izvedene takoj po njihovem reševanju, ter na ta način oceniti uspešnost naše avtomatske metode.

V delu so najprej predstavljene naši tematiki sorodne raziskave. Nato je opisan način, s katerim so bili pridobljeni podatki, ki smo jih uporabili za osnovo pri našem delu, ter njihove ostale smiselne lastnosti. Potem smo posvetili poglavje opisu razvoja naše formule za pretvorbo koordinat očesnih fiksacij v pripadnost motivom. Nadaljevali smo z uporabo implementirane formule in predstavitevijo in analizo nekaj rezultatov. Nato smo zaporedja detektiranih motivov uporabili za strojno učenje napovedovanja, katero rešitev je šahist dejansko odigral. Rezultat tega je model, ki z opazovanjem očesnih premikov napove, katero potezo bo šahist odigral. Nazadnje smo ocenili uspešnost razvitih metod.

Poglavje 2

Pregled sorodne literature

V literaturi nismo zaznali del, ki bi s pomočjo sledenja očesu avtomatsko ugotavljali prisotnost motivov v šahovski poziciji, se pa pojavijo dela s sorodno tematiko.

Začetnik raziskovanja na eksperimentalni domeni šaha je bil de Groot [7], ki je v svojih delih iskal razlike med šahisti začetniki in boljšimi šahisti. V poskusih ni zaznal večjih razlik med slednjima skupinama v njunem miselnem procesu, kjer je opazoval število obravnavanih potez, globino iskanja, hitrost iskanja in podobno. Prednost boljših šahistov je bila v tem, da so večino časa obravnavali obetavne poteze, medtem ko so slabši šahisti porabili čas za slabe. Nadalje je do dodatnih odstopanj prišlo pri raziskavah o kratkoročnem spominu. Boljši šahisti so bili občutno uspešnejši pri rekonstrukciji šahovskih pozicij, ki so jih lahko predhodno opazovali zgolj nekaj sekund. Ta prednost pa je izpuhtela v primeru, ko so bile figure na šahovnici naključno premešane in so se podrle šahovske povezave. O enakih zaključkih se poroča tudi v kasnejših raziskavah [6, 12]. Iz tega je mogoče zaključiti, da šahovski mojstri nimajo večjih kapacitet kratkoročnega spomina, temveč so le uspešnejši pri zaznavanju smiselno povezanih šahovskih struktur, ki si jih lahko zapomnijo kot celoto.

Nadaljevanje de Grootovega raziskovanja sta se lotila Chase in Simon v [6], z idejo, da bi ugotovila več o lastnostih struktur šahovskih figur, ki jih

boljši šahisti lahko zaznanjo kot celoto v kratkoročnem spominu, ter kasneje na njihovi osnovi posamezne figure prikličejo iz dolgoročnega spomina. Naredila sta dva eksperimenta. V prvem, percepcijskem eksperimentu, sta spremljala šahiste, ki so opazovali pozicijo s sosednje šahovnice in jo posnemajoč nastavljali na prazno šahovnico. Ideja je bila v tem, da naj bi šahist z vsakim pogledom na že nastavljeno pozicijo ogledoval novo povezano strukturo figur, ki sta jo raziskovala. V drugem eksperimentu, ki je obravnaval spominske sposobnosti, sta opazovala šahiste rekonstruirati pozicijo po spominu in sledila, kdaj so se zgodili daljši premori pri postavljanju figur na svoja mesta. Ti naj bi se pojavili med opazovanimi skupki figur, ki imajo neko šahovsko relacijo. Avtorja poročata, da so ti povezani kosi ponavadi kmečke strukture, figure iste barve in/ali tipa in figure, ki se napadajo ali branijo na krajših medsebojnih razdaljah. Opazita tudi, da pri priklicu mesta figure z manj šahovskih relacij hitreje pride do napačne postavitve. Bratko, P. Tancig in S. Tancig so razvili alternativno metodo za razpoznavanje skupkov, ki temelji na t.i. skupinski rekonstrukciji pozicij [4].

V članku [15] raziskava na osnovi očesnega sledenja izvede dve vrsti poskusov. V prvem avtorji uporabijo pozicije iz šahovskih partij, kjer so vidne le figure v določenem obsegu površine na šahovnici, ostale figure pa so zamisljene. Obseg vidnega polja se skozi poskuse spreminja. Nato v vidnem polju izmenično zamenjujejo eno izmed figur s figuro drugega tipa iste barve. Udeleženci poskusa so morali ugotoviti, katera figura se je zamenjala. Na isti način so poskus ponovili tudi na naključnih, šahovsko nepravilnih pozicijah. Boljši šahisti so pravilne odgovore lahko podajali na občutno širšem vidnem polju, ter tudi hitreje, vendar samo v primeru, ko so bile šahovske pozicije smiselne. V naključno premešanih pozicijah se njihova uspešnost ni občutneje razlikovala od šahistov slabše kakovosti. Drugi poskus se je izvajal na pomanjšani šahovnici velikosti 3×3 , kjer je bil vedno prisoten kralj in še figure kralju nasprotne barve. Udeleženec je moral odgovoriti na vprašanje, ali je kralj v šahu. Poskus je bil ponovljen na način, kjer so bile figure predstavljene namesto s standardnimi simboli s šahovsko notacijo črk.

Boljši šahisti so pri reševanju naredili manj očesnih fiksacij kot slabši šahisti, ter imeli večji delež fiksacij med figurami, kot na figurah samih. Omenjene lastnosti so bile izrazitejše pri primerih, kjer so bile figure predstavljene s simboli in ne s črkami, kar si lahko razlagamo s tem, da je boljša uspešnost šahovskih mojstrov vsaj delno izraz njihovih šahovskih izkušenj in ne splošne boljše zmožnosti percepcije.

Reingold et al. nadalje v [16] dopolnijo ugotovitve z dodatnimi poskusi, kjer na pomanjšani šahovnici velikosti 5 x 5 postavijo kralja in dve figuri kralju nasprotna barve, izmed katerih je samo ena posebej označena. Udeležence poskusa sprašujejo, ali označena figura kralja šahira, medtem ko aktivnost druge figure ni pomembna. Rezultati pokažejo, da pri boljših šahistih obstaja paralelna ekstrakcija informacij šahovskih relacij, saj se slabšim šahistom reakcijski čas odgovora poveča v primeru, ko sta dve figuri na šahovnici, medtem ko pri boljših šahistih to ni znatnega pomena. V primeru, ko je eden izmed napadalcev označen, boljši šahisti ne pridobijo pri reakcijskem času, medtem ko za slabše velja obratno. Še bolj pomenljivo je dejstvo, da se v primeru, ko je označena figura, ki ne šahira, hkrati pa je na šahovnici prisotna še druga figura, ki šahira (pa je udeleženec pri odgovoru ne sme upoštevati, ker ni označena), reakcijski čas boljših šahistov poveča. Na to vpliva njihovo paralelno procesiranje, ki očitno zmoti podajanje odgovora, ki je s šahovskega vidika neresničen. Slabši šahisti s problemi take vrste nimajo težav.

Charness et al. v [5] obravnavajo poskuse, ko se šahisti lotijo reševanja šahovskega problema na celotni šahovnici, kjer ima pozicija jasno najboljšo potezo. Ugotovijo, da boljši šahisti probleme rešujejo hitreje in bolj učinkovito. Pri analizi reševanja opazijo, da imajo manj očesnih fiksacij na poskus, od teh pa jih več pade na prazna polja in med figure. Dejstvo, da boljši šahisti ne gledajo toliko vsake posamezne figure, potrjuje teorije, da šahisti figure zaznavajo kot skupke figur z nekimi skupnimi lastnostmi. Opazijo tudi, da boljši šahisti posvečajo že od začetka (prvi dve sekundi eksperimenta) več pozornosti ključnim figuram v dani poziciji, kar potrjuje, da so sposobni paralelne obravnave informacij o šahovskih relacijah v poziciji.

V [14] so združeno predstavljeni povzetki iz [5, 15, 16]. Dodatno se omeni še ugotovitve, da v primeru postavitve šahista pred realen šahovski problem, šahisti s krajšimi in pogostejšimi očesnimi fiksacijami vstopijo v percepcijsko fazo zaznavanja, medtem ko z daljšimi (> 500 ms) fiksacijskimi točkami že naznanjajo, da so se lotili reševanja problema. V poskusu so ugotovili, da boljši šahisti po okoli 5 sekundah po seznanitvi s pozicijo že začnejo s fazo reševanja problema.

V [2] so se ukvarjali s primerjavo vizualnega razpona šahistov različne jakosti. Uporabili so tri vrste poskusov, in sicer detekcijo šaha, rešitev pred matiranjem ter izbira najboljše možne poteze v dani poziciji. Poročajo, da boljši šahisti obravnavajo več šahovskih polj naenkrat z eno očesno fiksacijo, pri tem pa porabijo tudi manj časa kot slabši šahisti za preučevanje posameznih polj. Ugotavljajo še, da je vsaj pri lažjih problemih ponovno obiskovanje že pregledanjih polj občutno redkeje pri boljših šahistih.

V [1] preučujejo tako imenovani Einstellung efekt, ki predstavlja primer, ko se človek zaradi preteklih izkušenj loti reševanja nekega novega problema na sebi že znan način, ki pa za obravnavan primer ni optimalen. Avtorji članka šahistom iz dveh ločenih skupin predstavijo dva šahovska taktična problema. Eden izmed problemov vsebuje dve rešitvi, izmed katerih je daljša rešitev dosežena z znanim šahovskim motivom. Drug problem je podoben prvemu, razlika je le v tem, da ima zgolj eno rešitev (krajšo), saj je rešitev z znanim šahovskim motivom onemogočena z nasprotnikovo figuro. Reševanje problemov se spremlja z napravo za sledenje očesa. Reševalcem so dana navodila, naj poskusijo najti najkrajšo možno rešitev, medtem ko časovno niso omejeni. Skupina šahistov, ki rešuje problem z eno rešitvijo, nalogo uspešno opravi. V drugi skupini vsi šahisti najdejo le daljšo rešitev, ter hkrati poročajo, da so iskali tudi morebitno krajšo rešitev, ki pa je niso našli. Iz podatkov sledenja očesa je razvidno, da so ti šahisti kljub omenjeni trditvi namenili še vedno večino časa poljem, ki pripadajo daljši rešitvi. Ko so ti isti šahisti soočeni z drugim problemom, ki ima zgolj eno rešitev, to rešitev vsi najdejo, vendar zanjo potrebujejo občutno več časa kot šahisti v skupini,

ki rešujejo samo ta problem.

V [17] preučujejo učinkovitost šahistov pri računanju skokov šahovske figure skakača. V poskusu sodeluje skupina boljših igralcev ter skupina šahovskih začetnikov. Sodelujoči so postavljeni pred šahovnico velikosti 4 x 4, kjer je eno izmed polj označeno, na šahovnici pa se vedno v enem izmed kotnih polj nahaja tudi skakač. Naloga sodelujočih je, da ugotovijo, ali skakač lahko pride v treh skokih na označeno polje (hitreje to nikoli ni mogoče). Avtorji članka pripravijo tri vrste primerov. Najenostavnejše imenovane 'enostavni ne' primeri, kjer skakač že v prvi potezi nima nobene možnosti odskoka, saj so ključna polja omejena z drugimi figurami, zato na označeno polje ni mogoče skočiti. Druga vrsta so 'zapleteni ne' primeri, kjer se skakač lahko giba, vendar ne more v treh skokih na označeno polje. Ter nazadnje še 'da' primeri, kjer skakač lahko v treh premikih prispe na označeno polje. Vse poskuse udeležencev spremljajo z napravo za sledenje očesa. Opazili so, da je bilo trajanje prve očesne fiksacije pri ekspertih jasno daljše v 'da' primerih kot pri 'zapletenih ne' primerih, medtem ko pri primerjavi med 'da' in 'enostavnimi ne' primeri ni prišlo do razlikovanj med testnima skupinama. Med skupinama pa je po drugi strani jasno opazna razlika med reakcijskim časom reševanja, saj boljši šahisti rešijo probleme tudi do štirikrat hitreje. Dejstvo, da reakcijski čas zelo lepo sovпада z jakostjo šahistov, potrди začetno hipotezo, da je skakač ena izmed ključnih figur, ki razlikuje jakost šahistov.

Zanimivo vprašanje, povezano z reševanjem problemov, je avtomatsko oceniti težavnost problema za človeka.

Članki [3, 10, 11] za osnovo raziskovanja uporabijo šahovske taktične probleme s spletne strani chesstempo.com, kjer je za vsak primer podana ocena težavnosti glede na zgodovino reševanj preteklih uporabnikov. Avtorji članka ponudijo te probleme udeležencem poskusa, ki jih rešujejo pod nadzorom naprave za sledenje očesa. Po reševanju se z vsakim posameznikom opravi še retrospekcija, ter se kasneje udeležence naprosi, da reševane primere razvrstijo po težavnosti. Vsi udeleženci so šahisti z ELO ratingom.

V [10, 11] avtorji obravnavajo uspešnost ocenjevanja težavnosti taktičnih problemov šahistov različne šahovske moči. Poskus pripelje do zaključka, da se ne izkaže, da bi boljši šahisti nujno bolje ocenili težavnost. Nadalje v [10] poročajo, da je iz retrospekcij udeležencev moč sklepati, da je za uspešno reševanje bolj ključnega pomena zmožnost izračuna variant, kot pa zaznavanje motivov. V [3] se izvede bolj natančna primerjava med pomembnostjo zaznave motivov in sposobnostjo pravilnega izračuna variant v taktični šahovski poziciji. Izkaže se, da je pravilnost izračuna pomembnejši diskriminativni faktor med šahisti za uspešnost reševanja.

V članku [18] avtorji s pomočjo strojnega učenja na osnovi atributov iz avtomatsko zgrajenega drevesa variant, ki naj bi obravnavalo podoben prostor stanj kot človek, razvijejo avtomatsko metodo uvrščevanja šahovskega problema v eno izmed treh težavnostnih skupin. Poročajo, da takšna metoda prinaša zadovoljive rezultate.

Poglavje 3

Opis podatkov

V magistrskem delu so uporabljeni podatki iz predhodnih raziskav [3, 10, 11], od katerih je eden izmed udeležencev zaradi netočnosti podatkov izločen, dodani pa so podatki novega šahista. Skupaj so bili poskusi izvedeni na 12 udeležencih, vsak izmed udeležencev je reševal 12 taktičnih šahovskih pozicij, kar skupaj nanese 144 primerov. Vse eksperimentalne pozicije so prikazane v dodatku. Vsi udeleženci so šahisti z ELO ratingom. Podatki so bili beleženi s sistemom za sledenje očesa EyeLink 1000 (SR Research), frekvenca vzorčenja je potekala pri 500 Hz. Sistem je bil pred začetkom poskusa za vsakega udeleženca posebej nastavljen z devet točkovno kalibracijo. Šahovski taktični problemi so bili vzeti s spletne strani Chess Tempo (chess-tempo.com) in predstavljeni kot slika na računalniškem monitorju, od oči udeleženca oddaljena 70 cm. Glava udeleženca je bila stabilizirana s posebnim stojalom za glavo.

Poskus je trajal od 20 do 45 minut. Udeleženci so dobili navodilo, da takoj, ko opazijo rešitev, to vnesejo v računalnik. Rešitev se je vneslo z dvakratnim klikom, kjer se je prvi klik nanašal na figuro, ki se jo želi premakniti, drugi pa na ciljno polje premika predhodno kliknjene figure. Vsaka pozicija je bila časovno omejena s tremi minutami. Po opravljenem reševanju vseh 12 pozicij je bila z udeležencem izvedena še retrospekcija, kjer je razkril svoj pristop k reševanju pozicij ter verbalno opisal svoj miselni proces po spominu

za vsako pozicijo. Dobri šahisti si lahko zapomnijo tudi celotne šahovske partije, zato je tak pristop smiselni in zelo verjetno odraža dokaj realno sliko miselnih procesov.

Človeško oko pri svojem delovanju izvaja hitre premike (sakade) s katerimi pride do željenih točk interesa, kjer se zaustavi. Tem točkam pravimo fiksacijske točke. V našem eksperimentu smo od podatkov, pridobljenih z napravo za sledenje očesa, uporabili koordinate in dolžino trajanja za vsako fiksacijsko točko. Fiksacijske točke, ki so padle izven območja šahovnice, so bile zavržene (npr. pogled na uro).

Zabeleženi kliki udeležencev poskusa so bili obravnavani in prevedeni v pravilno šahovsko potezo s šahovsko notacijo. V primeru nepravilne poteze na osnovi koordinat klikov, smo do ustreznega odgovora prišli s pomočjo retrospekcije. Poleg odgovorov udeležencev razpolagamo tudi s pravilnimi rešitvami za vsak ponujen šahovski taktični problem.

Dodatno smo za vsako pozicijo premislili, katere smiselne šahovske motive vsebuje, ter vsak motiv predstavili kot množico polj na šahovnici, kjer se pri različnih motivih iste pozicije polja med seboj ne nujno izključujejo. V množici motivnih polj se pri posameznem motivu nahajajo vsa polja ključnih figur določenega motiva, ter polja, kamor se pri obravnavi motiva ključne figure lahko premaknejo.

Vseh 12 uporabljenih šahovskih taktičnih pozicij je s sliko, pripadajočimi motivi in povezavami odgovorov udeležencev z motivi, podrobneje predstavljenih v dodatku A. V tem magistrskem delu je v celotnem tekstu uporabljena konsistentna številčna označba pozicij in njenih prisotnih motivov na enak način, kot so označeni v dodatku A.

Poglavje 4

Pretvorba koordinat fiksacijskih točk v pripadnost šahovskim motivom

4.1 Začetni koraki razvoja formule

Iz podatkov, opisanih v poglavju (3), smo želeli izluščiti informacijo o pripadnosti posameznih fiksacijskih točk določenim šahovskim motivom. V ta namen potrebujemo mero, ki določi, kako dobro trenutna fiksacijska točka ustreza vsakemu od možnih motivov dane pozicije. Začeli smo z osnovno idejo evklidske razdalje med središčem kvadrata motiva in zabeleženo koordinato fiksacijske točke. Izračun je predstavljen z enačbo 4.1, kjer m predstavlja eno izmed polj šahovskega motiva, f pa eno izmed fiksacijskih točk posameznega poskusa.

$$d(f, m) = \sqrt{(x_f - x_m)^2 + (y_f - y_m)^2} \quad (4.1)$$

Vzemimo, da ima posamezen motiv v svoji množici n polj. Že takoj na začetku se nam postavi vprašanje, do katerih središč izmed množice polj motivov izračunati razdalje, ki bodo predstavljale pripadnost fiksacijske točke motivu. Smiselna bi bila vsaka možnost, ki vključuje od 1 do n najbližjih

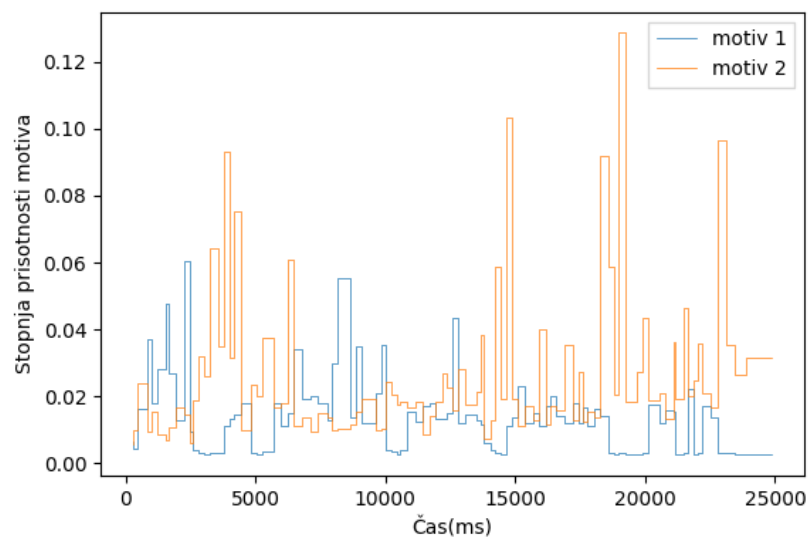
kvadratov fiksacijski točki, ter za rezultat vzame recimo povprečno razdaljo. Slabost takšnega pristopa, kjer bi vzeli povprečje razdalj do vseh polj motiva, pride do izraza, če so ta polja široko razporejena po šahovnici. V takem primeru bi polja, ki so zelo oddaljena od trenutne fiksacijske točke znižala evidenco motiva, kar ni nujno najbolj smiselno. Namreč, če obstajajo druga polja istega motiva, ki so blizu obravnavane fiksacijske točke, je verjetnost prisotnosti tega motiva še vedno zelo visoka. Tem težavam se izognemo, če vzamemo le najbližje polje motiva fiksacijski točki. Takšna izbira se zdi bolj ustrezna, vendar ima še vedno nekaj pomanjkljivosti. Šahisti figure lahko obravnavajo kot posamezne skupke, zmožni so tudi paralelne ekstrakcije informacij [16], zato očesnih fiksacij ne nujno izvajajo na točno določeno figuro, ki jo imajo v mislih, temveč se ta lahko zgodi nekje na vmesnem polju ali pa na robu med figurami [5]. To pomeni, da motiv, ki ima polje najbližje fiksacijski točki, ne nujno predstavlja motiva, ki ga je šahist v danem trenutku pregledoval, ponuja pa seveda visoko verjetnost, da je to res.

Za prikaz stopnje prisotnosti motivov v grafu je smiselno, da ima motiv, ki naj bi bil najbolj aktualen, najvišjo vrednost. Zato uvedemo inverz formule 4.1, ki mu v imenovalcu prištejemo 1, da se izognemo napakam pri deljenju z 0 za primere, če fiksacijska točka pade v središče motivnega kvadrata. Preurejena enačba je prikazana z enačbo 4.2.

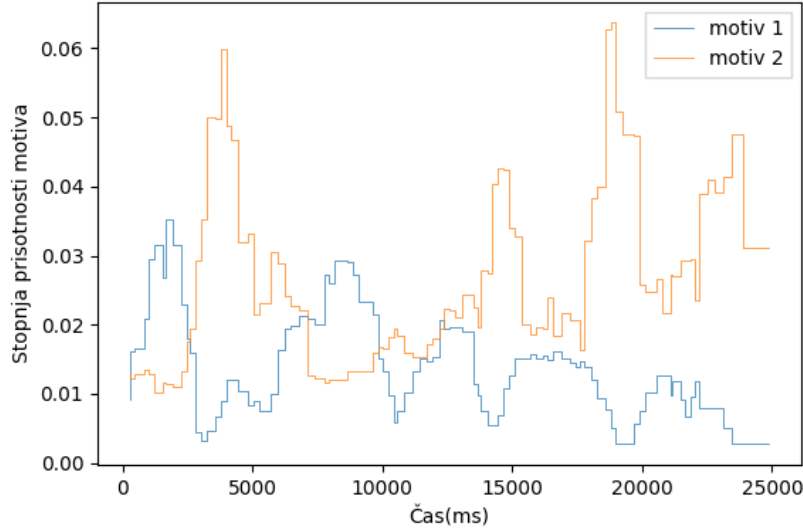
$$d_i(f, m) = \frac{1}{1 + d(f, m)} \quad (4.2)$$

S tako enostavno formulo dobimo na redkih primerih zadovoljive rezultate, eden izmed bolj jasnih primerov je prikazan na sliki 4.1

Kot je vidno na sliki 4.1, stopnje prisotnosti motivov lahko zelo nihajo, kar vizualno v grafu predstavlja zmedo, iz katere ni najlažje razbrati, kateri motiv v danem trenutku prevladuje. Jasnost prikaza lahko izboljšamo s filtrom tekočega povprečja, ki vrednost vsake točke prikaže kot povprečje trenutne točke, ter n predhodnikov in n naslednikov. Primer izračuna tekočega



Slika 4.1: Meritev prisotnosti dveh motivov pozicije št. 3 s formulo, prikazano v enačbi 4.2. Modra črta predstavlja motiv 1, oranžna pa motiv 2.



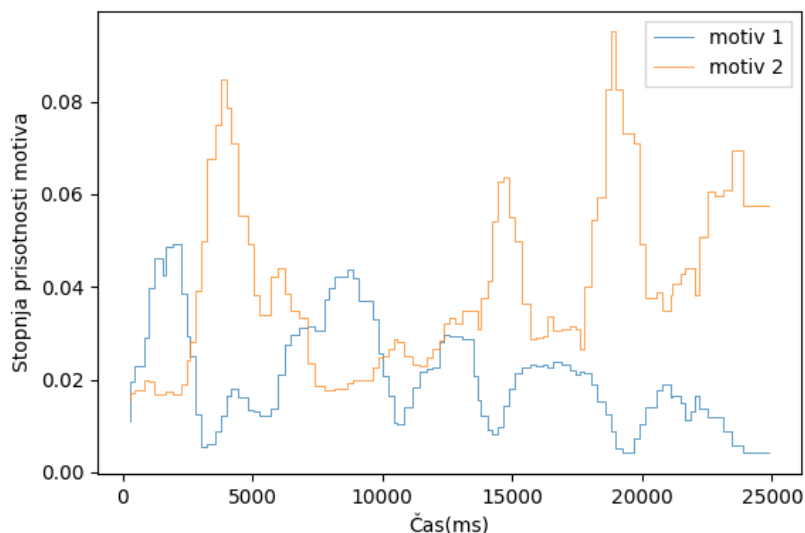
Slika 4.2: Meritev prisotnosti dveh motivov pozicije št. 3 s formulo, prikazano v enačbi 4.3.

povprečja za eno točko je prikazan z enačbo 4.3,

$$d_{p_i}(f, m) = \sum_{i-n}^{i+n} \frac{d_i(f, m)}{2 * n + 1} \quad (4.3)$$

kjer $d_i(f, m)$ predstavlja vrednost i -te fiksacijske točke po izračunu s formulo 4.2. S povečevanjem števila n , torej točk, ki jih povprečimo, dobimo seveda vedno bolj enakomerno krivuljo, vendar se moramo hkrati zavedati, da se s tem tudi izgublja natančnost informacije. Na sliki 4.2 je predstavljen rezultat tekočega povprečja, kjer je $n = 2$, podatki pa so isti, kot na sliki 4.1. Vidimo, da je ocenjeni potek motivov v tem primeru že bolj jasen.

Ko nadalje razmišljamo, kako bi lahko še izraziteje ločili motive, se morda zdi smiselna ideja, kjer se upošteva zgodovina prisotnosti motivov. Namreč, v primeru, da je šahist z veliko verjetnostjo v neki točki opazoval določen motiv, obstaja v večini primerov večja verjetnost, da bo v naslednji točki

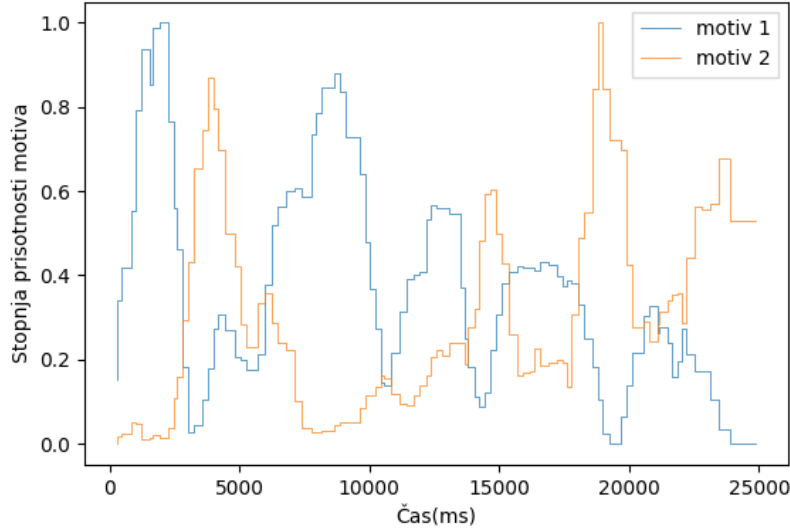


Slika 4.3: Meritev prisotnosti dveh motivov pozicije št. 3 s formulo, prikazano v enačbi 4.4, ter filtrom tekočega povprečja, kjer je $n = 2$.

še vedno opazoval isti motiv. To idejo lahko uporabimo z obravnavo podatkov na način, da vrednosti ocene prisotnosti motiva vsake točke prištejemo določen del vrednosti predhodne točke, recimo polovico. Izračun je prikazan z enačbo 4.4, rezultati pa so vidni na sliki 4.3, kjer je po upoštevnju zgodovine vrednosti apliciran še filter tekočega povprečja, enak kot na sliki 4.2.

$$d_{z_i}(f, m) = d_i(f, m) + 0.5 * d_{i-1}(f, m) \quad (4.4)$$

Na predstavljenih slikah 4.1, 4.2 in 4.3 lahko opazimo, da je maksimum ocene vrednosti prisotnosti posameznih motivov zelo različen. Skoraj z gotovostjo lahko trdimo, da je šahist med reševanjem obravnaval oba motiva, zato bi se mogoče zdelo smiselno, da sta najvišji vrednosti motivov podobni. Tu se pojavi vprašanje o smiselnosti normalizacije podatkov. Če vzamemo

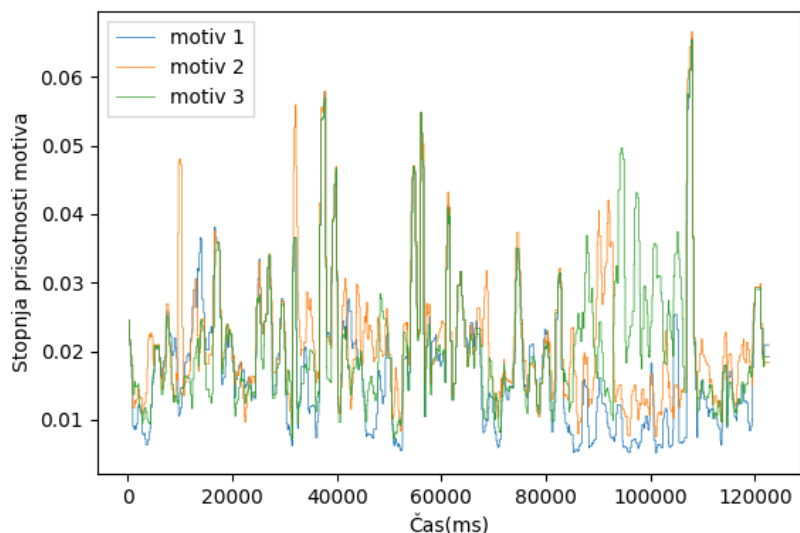


Slika 4.4: Meritev prisotnosti dveh motivov pozicije št. 3, kot na sliki 4.3, vendar z normaliziranimi podatki po formuli 4.5

primer s slike 4.3, ter te podatke normaliziramo po formuli 4.5, dobimo rezultat, predstavljen s sliko 4.4. Čeprav ima normalizacija v našem primeru v ozadju svoj smisel, lahko vidimo, da je sprememba končnih vrednosti zelo intenzivna. Zdi se, da imata maksimum in minimum pri normalizaciji preveliko težo na končni rezultat, kar najverjetneje rezultate oddaljuje od realne vrednosti. Med našimi podatki so tudi primeri, kjer je v poziciji prisotno večje število motivov in ne moremo z gotovostjo pričakovati, da je šahist obravnaval vse. V teh primerih bi bil opisani proces normalizacije še toliko bolj nesmiselen, zato smo to idejo zavrgli.

$$d_{n_i}(f, m) = \frac{d_{z_i}(f, m) - \min}{\max - \min} \quad (4.5)$$

Čeprav slika 4.3 nakazuje optimistične rezultate predstavljene metode, se moramo zavedati, da je na grafu prikazan eden izmed najjasnejših primerov.



Slika 4.5: Meritev prisotnosti treh motivov pozicije št. 10 s formulo, prikazano v enačbi 4.4, ter filtrom tekočega povprečja, kjer je $n = 2$

Če uporabimo isto metodo, kot na sliki 4.3, na drugem primeru, ki ima poleg kompleksnejše pozicije tudi večje število prisotnih motivov (tri), lahko opazimo (slika 4.5), da dobljen rezultat pravzaprav ni najboljši.

4.2 Končna verzija formule

Rezultate smo poskusili izboljšati tako, da smo problem, ki ga rešujemo, opisali na naslednji način. Za vsako fiksacijsko točko ugotavljamo oceno verjetnosti pripadnosti vsakemu izmed vnaprej določenih motivov. Tak opis nas pripelje do ideje, da bi namesto posameznih razdalj pri določanju stopnje prisotnosti motiva, uporabili ocene, pridobljene na izračunu, ki je odvisen tudi od prisotnosti ostalih motivov. S tem bi se tudi izognili že omenjenemu problemu normalizacije podatkov.

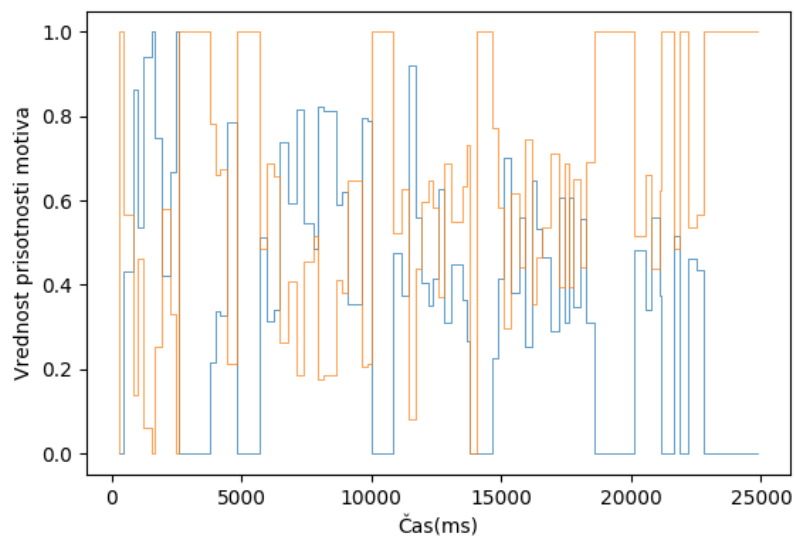
Na ta način pridemo do nove metode, kjer najprej izračunamo razdaljo, kot dosedaj, med fiksacijsko točko in središčem vsakega izmed motivnih kvadratov po formuli 4.1. Če je dobljena razdalja večja od neke smiselne razdalje, ki bi še lahko ponujala možnost, da si je šahist ogledoval določeno polje, potem se vrednost za ta motivni kvadrat nastavi na 0. V našem primeru smo za mejno razdaljo vzeli eno in pol dolžino stranice polja šahovnice. To pomeni, da bodo upoštevani zgolj motivni kvadrati, katerih središče se nahaja v krogu s središčem v fiksacijski točki in premerom trikratnika stranice šahovskega polja. Če je razdalja enaka ali manjša mejni razdalji, se izračuna vrednost pripadnosti motiva po formuli 4.6, ki razdalji priredi ustrezno vrednost med 0 in 1. Končno količino pripadnosti posameznega motiva poda samo največja vrednost izmed vseh polj enega motiva, ostale vrednosti se zavržejo.

$$d_{n_i}(f, m) = \frac{-d_i(f, m)}{d_{\text{stranice}} * 1.5} + 1 \quad (4.6)$$

Izračunane vrednosti pripadnosti fiksacijskih točk motivom se nato pretvorijo v odstotkovne vrednosti. Odstotkovne vrednosti pripadnosti motivom za vsako fiksacijsko točko se seštevajo v 1, razen v primeru, ko je bila ocenjena pripadnost za vse motive pri posamezni fiksacijski točki enaka 0, takrat se ta vrednost prenese tudi v odstotkovno. Grafičen primer takšnega izračuna je prikazan na sliki 4.6.

Na ta način smo dobili vrednostne podatke pripadnosti, podobno, kot pri načinu, ki smo ga opisali v poglavju 4.1, z dvema izboljšavama. Vrednosti so sedaj normalizirane in jasno razumljive, kar pomeni, da imamo boljši pregled nad podatki in možnost uvedbe raznih pragov. Poleg tega smo z določitvijo minimalne meje iz izračuna izvzeli preveč oddaljena polja.

Idejo lahko poskušamo razviti še naprej do točke, kjer številčne ocene pripadnosti pretvorimo v razredno pripadnost motivov. Z drugimi besedami, za vsako fiksacijsko točko določimo največ en motiv, kateremu ta točka pripada. To bi lahko storili enostavno tako, da bi za pripadnostni motiv vzeli tistega, ki ima največjo oceno, vendar bi bil takšen način zelo vprašljiv v



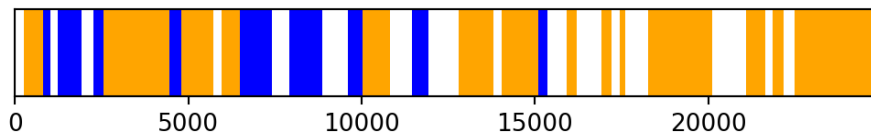
Slika 4.6: Meritev prisotnosti dveh motivov na istih podatkih, kot so uporabljeni pri sliki 4.1, 4.2, 4.3 in 4.4. Izračun vrednosti je izveden po formuli 4.6, kasneje pa so dobljene ocene še pretvorjene v odstotkovne vrednosti

primerih, kjer so si odstotki med seboj blizu. Želimo si ravno nasprotno, to so napovedi, za katere lahko trdimo, da veljajo z visoko verjetnostjo. To poskusimo uresničiti s sistemom dvojnega praga. Določimo dva praga, kjer zgornji prag predstavlja mejo, za katero menimo, da če jo vrednost pripadnosti motiva presega, lahko ta motiv neposredno obravnavamo kot napovedni motiv. Drug, spodnji prag, predstavlja mejo, za katero menimo, da če jo vrednost pripadnosti motiva ne dosega, lahko ta motiv neposredno izločimo iz boja za pripadnostni motiv. Ostane nam še tretji primer, kadar je vrednost pripadnosti motiva enaka ali manjša od zgornjega praga in hkrati tudi enaka ali večja od spodnjega. V takšnem primeru odločitev prepustimo sosednjima fiksacijskima točkama. Če je za vsaj eno izmed sosednjih fiksacijskih točk določena pripadnost istemu motivu, potem se potrди pripadnost motiva tudi obravnavani fiksacijski točki. V nasprotnem primeru se pripadnost motivu zavrne. Omenjeni proces je opisan v psevdo kodi, grafičen rezultat pa prikazan na sliki 4.7.

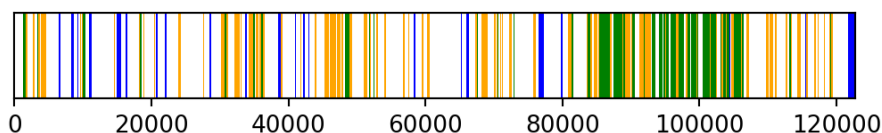
Algorithm 1 Psevdokoda dvojnega praga

```
1: repeat
2:   if vrednost > zgornji prag then
3:     točka pripada motivu
4:   else if vrednost < spodnji prag then
5:     točka ne pripada motivu
6:   else
7:
8:     if sosednja točka pripada motivu then
9:       točka pripada motivu
10:    else
11:      točka ne pripada motivu
12:    end if
13:  end if
14: until obravnavana je vsaka fiksacijska točka
```

Za primerjavo vzemimo sliko 4.5, za katero smo omenili, da predhodne metode ne prinašajo jasnih rezultatov, zaradi večjih kompleksnosti podatkov. Če iste podatke obdelamo po nazadnje predstavljenem načinu, kot na sliki



Slika 4.7: Razredna umestitev fiksacijskih točk k dvem motivom. Prikaz rezultatov velja za iste podatke, kot so uporabljeni na sliki 4.6 (pozicija 3). Uporabljena je formula 4.6, na katero se aplicira še sistem dvojnega praga (zgornji = 0.66, spodnji = 0.55). Različne barve predstavljajo pripadnost različnim motivom, bela barva pa pomeni, da verjetnost za določitev motiva ni bila dovolj visoka.



Slika 4.8: Razredna umestitev fiksacijskih točk na enak način, kot na sliki 4.7, v tem primeru je uporabljen primer reševanja pozicije 10. Zgornji prag = 0.66, spodnji prag = 0.55. Različne barve predstavljajo pripadnost različnim motivom, bela barva pa pomeni, da verjetnost za določitev motiva ni bila dovolj visoka.

4.7, dobimo rezultat, predstavljen na sliki 4.8.

Poglavje 5

Pregled rezultatov z opisanimi metodami

V tem poglavju bomo poskusili poiskati in utemeljiti povezave med našim načinom razredne umestitve prisotnosti motivov, opisanih v poglavju 4.2, in podanimi odgovori udeležencev poskusa. Na ta način želimo tudi preveriti in ovrednotiti učinkovitost naše metode. Izvedli bomo primerjavo odgovora in prisotnosti z odgovorom ujemajočega motiva v zadnjih 3 sekundah preiskovanja taktične šahovske pozicije. Preučevanje zadnjih sekund preiskovanja se nam zdi smiselno, saj je ta del poskusa edini, za katerega lahko pričakujemo, da bi se ujemal s podanim odgovorom, saj gre za sekunde, ko se je šahist dokončno odločil za svojo izbiro poteze.

V tabeli 5.1 so prikazani rezultati pozicije 3, ki vsebuje dva jasno ločena motiva. Udeleženci, ki niso podali odgovora ali pa njihov odgovor ni pripadal nobenemu izmed smiselnih motivov, so izločeni (1 udeleženec). V levem delu tabele je prikazan delež preiskovanja motivnih kvadratov, ki sovpada z odgovorom posameznega udeleženca v zadnjih 3 sekundah reševanja. Torej, če je udeleženec podal odgovor, ki sovpada z motivom 1, je v tabeli prikazana količina (med 0 in 1) časa namenjena pregledovanju motiva 1 v zadnjih 3 sekundah. V primeru odgovora, ki sovpada z drugim motivom, so rezultati prikazani za drugi motiv. V desnem delu tabele so prikazani deleži glede na

24 POGLAVJE 5. PREGLED REZULTATOV Z OPISANIMI METODAMI

odgovor za celoten čas poskusa.

Preden pokomentiramo rezultate iz tabele 5.1, moramo omeniti še nekaj značilnosti te pozicije. Kot smo že omenili, vsebuje dva motiva, ki sta dokaj jasno ločena. Posebnost je v tem, da sta oba motiva dobitna, torej vodita k zmagi, vendar od tega pripelje do zmage eden mnogo hitreje. Motiv 2 predstavlja neubranljiv mat v štirih potezah (plan belega je: b4, Kf2, Kf1, Sf2#), medtem ko je bistvo motiva 1 odstraniti nevarnega črnega kmeta na h2, plan, ki pripelje v jasno dobljeno končnico. Oba motiva se seveda tudi izogibata pozicije pata črnega kralja, ki bi se končala z neodločenim izidom. Iz retrospekcij sta razvidna 2 stila reševanja. Del udeležencev takoj opazi motiv z odstranitvijo nevarnega kmeta in je s tem odgovorom že zadovoljen, vendar nekateri tudi izrazijo občutke neprepičljivosti v svoj odgovor. Drug del opazi matni motiv in skladno poroča, da je rešitev enostavna, zgolj stvar izračuna potez. Zanimivo se k temu opažanju lepo skladajo podatki iz tabele 5.1. Vidimo namreč, da vsi udeleženci, ki so odgovorili z motivom 2 (matni motiv), posvetijo v zadnjih sekundah po naših izračunih vsaj 80 odstotkov ali več časa sovpadajočemu motivu. Z drugimi besedami, štiri najvišja sovpadanja vsa pripadajo odgovorom motiva 2. Smiselna razlaga bi bila sledeča, namreč ob izračunu matiranja je šahist prepričan v svoj odgovor in z eksperimentom nemudoma zaključi, medtem ko ostali udeleženci še vedno lahko poskušajo najti boljšo potezo, ter se šele nazadnje sprijaznijo z jemanjem kmeta, ki se jim zdi dovolj dobra odločitev. Zato je tudi delež sovpadanja pri tej skupini znatno manjši, z najmanjšo vrednostjo samo 12, ter največjo 67 odstotkov. Kljub temu je sovpadnost z odgovorom v zadnjih 3 sekundah višja od vsaj 50 odstotkov časa v 7 od 11 primerov. Deloma bi lahko podobne zaključke izpeljali tudi iz tabele sovpadanj celotnega časa poskusa, vendar ti rezultati niso tako izraziti. Trije od štirih udeležencev, ki so uspeli matirati kralja, so čez celoten poskus občutno porabili več časa za sovpadajoči motiv. Zanimivo je mogoče dejstvo, da je 6 od 7 udeležencev, ki so za odgovor podali rešitev z jemanjem kmeta, več časa čez celoten poskus namenilo nasprotnemu motivu.

Za naslednji primer vzemimo pozicijo št. 6, kateri smo prav tako določili,

Tabela 5.1: Rezultati pozicije št. 3, leva tabela predstavlja časovni delež, ki se ujema z odgovorom v zadnjih 3 sekundah poskusa, desna pa deleže čez celotni čas. Vsi rezultati so zaokroženi na dve decimalni mesti.

Udeleženec	Vrednost	Odgovor	Sovpadajoče	Nesovpadajoče	Nedefinirano
1	0.96	2	0.70	0.07	0.23
2	0.12	1	0.37	0.43	0.20
3	0.56	1	0.32	0.48	0.20
4	0.65	1	0.17	0.39	0.44
5	0.14	1	0.10	0.69	0.21
6	0.80	2	0.72	0.16	0.12
8	0.67	1	0.42	0.33	0.25
9	0.64	1	0.21	0.53	0.25
10	0.83	2	0.45	0.42	0.14
11	0.40	1	0.40	0.41	0.19
12	0.90	2	0.51	0.18	0.31

da vsebuje 2 motiva. Posebnost te pozicije je v tem, da je eden izmed motivov med reševanjem lahko hitro zavržen, saj predstavlja naiven napad nasprotnikovega kralja s kraljico na h6, ki ne prinese zmage. Na drugi strani pa imamo obetaven motiv napada kralja s skakačem na g5, ki je tudi glede na komentarje iz retrospekcij in podane odgovore privlačnejši. To je privedlo do tega, da so v tem primeru kar vsi udeleženci pri reševanju podali enak odgovor, kar se ni zgodilo pri nobenem izmed ostalih primerov v našem poskusu. Vendar ne glede na to, da so vsi šahisti podali pravilno rešitev, je iz retrospekcij razvidno, da je samo eden izmed udeležencev videl celotno rešitev, ki pripelje do matiranja nasprotnikovega kralja (eden izmed možnih razpletov matiranja: Sg5, Kh8; Sxf7, Kh7; Dg5, Db1; Kh2, Df5; Dg6, Dxc6; hxc6#). Zanimivo, rezultati v tabeli 5.2 pokažejo, da ima ta isti udeleženec tudi edini kar 100 odstotno sovpadanje v zadnjih treh sekundah reševanja. Tudi ostali šahisti dosegajo po večini visoke odstotke sovpadanja s svojim odgovorom.

Visok delež sovpadanj lahko opazimo tudi iz rezultatov pozicije 4, prikazanih v tabeli 5.3, če opazujemo 2 ločena motiva, od katerih le eden prinese

Tabela 5.2: Rezultati pozicije št. 6, tabela predstavlja, časovni delež, ki se ujema z odgovorom v zadnjih 3 sekundah poskusa.

Udeleženec	Vrednost	Odgovor
1	1.00	1
2	0.83	1
3	0.54	1
4	0.69	1
5	0.83	1
6	0.49	1
7	0.83	1
8	0.75	1
9	0.55	1
10	0.76	1
11	0.66	1
12	0.81	1

dovoljšnjo prednost, da se ga lahko šteje kot pravilna poteza (ujem kraljice na b3 s premikom skakača na polje a1, ki povzroči, da je kraljica napadena in hkrati nima nobenega ustreznega polja za umik). Drugi motiv, napad na kralja, sicer deluje obetavno in je bolj opazen (to je razvidno tudi iz retrospekcij), vendar za nasprotnika obstaja uspešna obramba. Če pogledamo sovpadanje časa z odgovori, ugotovimo, da v zadnjih 3 sekundah opazimo sovpadanje, večje od 50 odstotkov, pri 8 od 9 primerov. V celotnem trajanju poskusa pa sovpadajoči motiv prevladuje v 7 primerih od 9. Vendar pa moramo omeniti, da so iz teh podatkov izvzeti 4 primeri udeležencev, ki so si ogledovali še tretji motiv in podali odgovor premik skakača na d4. Ta motiv prav tako obravnava slabo postavitev nasprotnikove kraljice, vendar cilj motiva ni ujem kraljice, temveč kasnejši odskok skakača (Sd4) izpred trdnjave (Te4) z idejo dvojnega napada. Črna kraljica se mora namreč po začetni potezi belega Sd4 umakniti na četrto vrsto (polje b4 ali c4), kar belemu omogoči, da z umikom skakača npr. na e6 (Se6) napade kraljico na četrti vrsti s trdnjavo, ki se nahaja na polju e4, ter hkrati še npr. črno trdnjavo

Tabela 5.3: Rezultati pozicije št. 4, kjer opazujemo dva glavna ločena motiva, leva tabela predstavlja, časovni delež, ki se ujema z odgovorom v zadnjih 3 sekundah poskusa, desna pa deleže čez celotni čas. Vsi rezultati so zaokroženi na dve decimalni mesti.

Udeleženec	Vrednost	Odgovor	Sovpadajoče	Nesovpadajoče	Nedefinirano
1	1.00	2	0.71	0.17	0.13
2	0.61	2	0.41	0.35	0.25
3	0.54	1	0.48	0.39	0.12
6	0.69	2	0.35	0.42	0.23
7	0.72	2	0.59	0.19	0.22
8	0.62	1	0.57	0.27	0.16
9	0.49	2	0.42	0.41	0.17
10	1.00	1	0.40	0.35	0.25
11	0.64	2	0.39	0.43	0.18

na d8. Čeprav je iz retrospekcij motiv pri teh udeležencih jasno izražen, je za naš način zaznavanja motivov te razlike zelo težko opaziti, saj formula deluje na osnovi motivnih polj, ki pa so pri tem in drugem motivu (ujem kraljice) v veliki meri enaka, saj oba motiva obravnavata napad na kraljico in opazujeta možna polja njenega umika. Poleg tega pa obstaja še zelo pomembna podobnost tretjega motiva s prvim, to je polje lokacije trdnjave na e4, ki je ključno pri obeh. V primeru, da upoštevamo še tretji motiv, dobimo rezultate v tabeli 5.4. Zelo očitno je, da opazovanje rezultatov na način, kot dosedaj, ni več smiselno, saj formula na prepletanje motivov ni imuna in zato za večino fiksacijskih točk vrne nedoločeno vrednost pripadnosti, kar se zgodi tudi pri večini ostalih pozicij v našem poskusu.

V tabeli 5.5 so predstavljene povprečne vrednosti sovpadanja vseh udeležencev pri reševanju posamezne pozicije na podoben način, kot do sedaj. Torej v levi tabeli je predstavljeno sovpadanje v zadnjih 3 sekundah poskusa, v desni tabeli pa so prikazani povprečni deleži čez celotni čas.

Tabela 5.4: Rezultati pozicije št. 4, kjer opazujemo vse 3 motive, od katerih se dodani motiv zelo prepleta z ostalima dvema. Leva tabela predstavlja, časovni delež, ki se ujema z odgovorom v zadnjih 3 sekundah poskusa, desna pa deleže čez celotni čas. Vsi rezultati so zaokroženi na dve decimalni mesti.

Udeleženec	Vrednost	Odgovor	Sovpadajoče	Nesovpadajoče	Nedefinirano
1	0.36	2	0.16	0.05	0.80
2	0.27	2	0.02	0.18	0.80
3	0.00	1	0.18	0.08	0.75
4	0.09	3	0.05	0.10	0.85
5	0.29	3	0.03	0.18	0.79
6	0.00	2	0.03	0.26	0.71
7	0.00	2	0.00	0.12	0.88
8	0.03	1	0.17	0.09	0.74
9	0.00	2	0.04	0.32	0.64
10	0.22	1	0.12	0.05	0.82
11	0.00	2	0.00	0.25	0.75
12	0.00	3	0.03	0.12	0.85

Tabela 5.5: Povprečni rezultati posameznih pozicij. Leva tabela predstavlja povprečen časovni delež, ki se ujema z odgovorom v zadnjih 3 sekundah poskusa, desna pa povprečne deleže čez celotni čas. Vsi rezultati so zaokroženi na dve decimalni mesti.

Pozicija	Vrednost	Sovpadajoče	Nesovpadajoče	Nedefinirano
1	0.06	0.05	0.06	0.90
2	0.01	0.03	0.10	0.88
3	0.61	0.40	0.37	0.23
4	0.11	0.07	0.15	0.78
5	0.05	0.04	0.20	0.76
6	0.73	0.39	0.03	0.58
7	0.20	0.18	0.06	0.76
8	0.07	0.01	0.04	0.95
9	0.37	0.25	0.25	0.50
10	0.17	0.09	0.30	0.61
11	0.26	0.26	0.30	0.44
12	0.00	0.00	0.04	0.96

30POGLAVJE 5. PREGLED REZULTATOV Z OPISANIMI METODAMI

Poglavje 6

Napovedovanje odgovora s strojnim učenjem

Porodi se nam ideja, ali bi bilo mogoče s strojnim učenjem na osnovi podatkov zgeneriranih z našo formulo, napovedati odgovore udeležencev poskusa. Seveda ta ideja odpre popolnoma novo temo, kateri bi lahko posvetili ogromno pozornosti in dodatnih izboljšav. V okviru te naloge se ne bomo spuščali v podrobnosti, poskusili bomo izpeljati dovolj dober napovedni model, s katerim bi lahko posledično utemeljili korektnost naše formule za ovrednotenje prisotnosti motivov. Odločili smo se za uporabo nevronske mreže. Podatki, ki smo jih uporabili pri strojnem učenju, so izračunani po formuli 4.6, ter prevedeni v odstotkovno vrednost glede na ostale motive prisotne v obravnavani poziciji, torej vzeti s točke tik pred upoštevanjem dvojnega praga, opisanega v poglavju 4.2. Upoštevanje dvojnega praga je sicer uporabno pri določanju posameznih fiksacijskih točk v motivne razrede in izrisovanje ustreznih grafov, ki so na ta način bolj pregledni, vendar v primeru strojnega učenja neupoštevanje teh podatkov predstavlja nepotrebno izgubo informacije.

6.1 Preureditev podatkov v obliko za strojno učenje

Najprej smo pri podatkih izvedli malenkostne popravke pri motivih, in sicer pri poziciji 11 smo odstranili motiv 2, ki predstavlja umik napadene kraljice in je prepletajoč z drugimi motivi prisoten v vseh odgovorih udeležencev. Drug popravek je bil pri poziciji 12, kjer smo združili polja motivov 1 in 3, ki skupaj predstavljajo odgovor Sb8.

Nato smo morali prilagoditi podatke na način, da so vsi učni in testni primeri imeli enako dolžino. Kot je opisano v poglavju 3, so podatki zapisani v obliki lastnosti posameznih fiksacijskih točk. Torej dolžina vnosov za vsak poskus je enaka številu fiksacijskih točk posameznika, kar v praksi pomeni zelo raznovrstne dolžine posnetkov. Poleg tega je smiselno, da se upošteva tudi trajanje posameznih fiksacij, saj to predstavlja pomemben del informacije. Mogoče se zdi zanimiva ideja, da bi posnetke raztegnili glede na frekvenco vzorčenja, kar bi v našem primeru pomenilo zapis na vsaki 2 ms. Čeprav je bilo reševanje posameznega problema omejeno na 3 min, kar bi pomenilo 90000 vzorcev na primer, s tem nismo zadovoljni, ker so v praksi šahisti v večini reševanje zaključili hitreje, torej bi nam takšen način vzorčenja še vedno prinesel neenakomerno dolžino podatkov, bi pa v tem primeru že bil upoštevan čas posameznih fiksacij.

Težavo smo rešili na način, da podatke razširimo (večkrat ponovimo) z upoštevanjem trajanja fiksacijske točke na določeno fiksno število vzorcev. S tem se sicer zgodijo manjša zaokroževanja, ki pa ne bi smela vplivati na končne rezultate. Primer izračuna nove dolžine za vsako fiksacijsko točko je prikazan z enačbo 6.1, kjer t_{FT} predstavlja čas ene izmed fiksacijskih točk v ms, $t_{Poskusa}$ celoten čas poskusa v ms, ter $stVzorcev$ končno število vzorcev, ki jih želimo doseči in bo pri vseh primerih enako. Zaradi zaokroževanj se lahko pojavi, da je končna dolžina za nekaj enot večja ali manjša. Ker pa ta način preurejanja uporabljamo praviloma za razširitev podatkov na večje število kosov (več tisoč), napaka pri zaokroževanjih ne predstavlja znatne

vrednosti, zato to razliko upoštevamo kar pri prvi fiksacijski točki, katere dolžino spremenimo do te mere, da je končna vrednost povsod enaka. Za prvo fiksacijsko točko smo se odločili zavestno, namreč predvidevamo, da je najmanj ključna, saj zagotovo še ne predstavlja preiskovanja enega izmed prisotnih motivov.

$$t_{porazdeljen}(t_{FT}) = \text{zaokrozeno}\left(\frac{t_{FT} * stV_{zorcev}}{t_{Poskusa}}\right) \quad (6.1)$$

S tem smo dosegli upoštevanje trajanja posameznih fiksacijskih točk in dosegli enakomerno dolžino vseh podatkov v poskusu. Na ta način pridobimo primere, ki imajo več tisoč atributov, kar s časovnega vidika ni najbolj učinkovito, zato je naš naslednji cilj zmanjšanje števila atributov. To naredimo tako, da podatke razdelimo na določeno število enakih odsekov, ter posamezno količino zapisov v določenem odseku pretvorimo v njihovo skupno povprečje in predstavimo kot zgolj en vnos. Na ta način lahko dobimo primere z zgolj nekaj atributi, ki pa še vedno predstavljajo trend naraščanja oziroma padanja vsebnosti določenih motivov.

6.2 Izvedba napovedi in ovrednotenje

Naredili smo različne poskuse, kjer so bili primeri preurejeni na različno število povprečenih atributov. Vsak motiv pri posamezni poziciji je bil obravnavan kot en primer. Torej, če ima pozicija npr. tri motive, iz tega naredimo tri primere, kjer je za vsak motiv predstavljena njegova povprečna ocena razdeljena na določeno število časovnih enot v poskusu. Rezultat napovedi je binarna vrednost, ki predstavlja ali se dotični motiv ujema z igralčevim odgovorom.

Na ta način ni vodena povezanost med posameznimi motivi v določenem primeru, vendar se vsak motivni primer obravnava posamezno. To pomeni, da se lahko zgodi, da iz istega primera reševanja vzamemo nekaj motivnih primerov za učenje in ostale za test.

Kot testno metodo smo uporabili prečno preverjanje s tremi deli. Nevron-

Tabela 6.1: Rezultati povprečja tri delnega prečnega preverjanja napovedi odigranega motiva igralca.

Število časovnih delov/alfa	0.0005	0.005	0.05	0.1	0.5	0.8
1	0.631	0.677	0.639	0.677	0.652	0.652
10	0.694	0.682	0.720	0.717	0.664	0.652
20	0.679	0.689	0.742	0.735	0.737	0.652
40	0.659	0.672	0.674	0.697	0.727	0.737
100	0.598	0.616	0.616	0.619	0.669	0.697

ska mreža ima 2 skrita sloja, od katerih vsak vsebuje 200 nevronov. Uporabljen je 'lbfgs' optimizacijski algoritem z logistično aktivacijsko funkcijo. Tako nevronska mreža kot prečno preverjanje sta uporabljena iz knjižnice 'scikit-learn'. Za primerjavo smo uporabili tudi različne vrednosti regulacijskega parametra alfa, več podrobnosti je predstavljenih v tabeli 6.1. Kot je razvidno iz tabele, je na takšen način najbolje dosežena napoved okoli 74 odstotno uspešna. Naj še enkrat poudarimo, da gre v tem primeru zgolj za napoved, ali določen motiv (obravnavan posamezno) sovпада z odgovorom reševalca taktične šahovske pozicije.

Zanimivo pa bi bilo tudi ugotoviti, kakšna bi bila napoved, če so motivi določene pozicije med seboj povezani. Zato smo razvili lastno preverjanje, ki pri izračunu napovedi še vedno primere obravnava kot ločene, vendar s to razliko, da so učni in testni podatki nadzorovani na način, da so posamezni motivni primeri istega reševanja vedno skupaj. Preverjanje je razdeljeno na 12 iteracij, kjer se v vsaki iteraciji iz vsake šahovske taktične pozicije odvzame eno celotno reševanje enega igralca z vsemi motivi za testni del, ostalih 11 reševanj pa za učni. Torej pri vsaki iteraciji se učimo iz 132 primerov (vsak primer še vedno vsebuje posamezne motivne podprimere, ki jih nevronska mreža obravnava ločeno), ter izračunamo uspešnost na 12 testnih primerih, od katerih je vsak vzet iz različne pozicije. Testni primeri se skozi iteracije ne ponavljajo, kar pomeni, da pridejo v testno skupino popolnoma vsi primeri.

Pri nadaljnjih poskusih bomo upoštevali parametre, ki so v tabeli 6.1

delovali najbolj obetavno, torej podatki bodo razdeljeni na 20 časovnih delov, regulacijski parameter alfa pa bo nastavljen na 0.05. Ostale lastnosti nevronske mreže ostanejo enake.

V tabeli 6.2 so vidni rezultati poskusov po posameznih iteracijah ter na koncu še njihova povprečna vrednost. V stolpcu, imenovanem 'Strogo', so bili rezultati pridobljeni kot sicer, za vsak posamezen motiv posebej. Razlika je v nadaljnji obravnavi, saj se je kot uspešna napoved upoštevala le tista, ki je imela za posamezno reševanje pravilne napovedi za prav vse motive v določeni poziciji, v nasprotnem primeru se napoved šteje kot napačna. Pričakovano je povprečen odstotek pravilnih napovedi nižji, le 41 odstotni, kar pomeni v povprečju 5 pravilnih napovedi na 12 primerov.

V drugem stolpcu, imenovanem 'Nadzorovano', so prikazani rezultati, pridobljeni na nekoliko drugačen način. Dosedaj je bilo mogoče, da je napoved za določeno reševanje vsebovala več motivov, ki naj bi pripadali enemu šahistovemu odgovoru, kar ni smiselno. Zato smo uvedli nadzorovane napovedi, kjer se od motivov določenega reševanja primerja odstotkovne pripadnosti napovedi nevronske mreže, od katerih se glede na maksimalno vrednost izbere en motiv, katerega določimo kot končni odgovor napovedi. Na ta način vedno določimo en motiv, kar za večino primerov ustreza. Vendar pa je potrebno omeniti, da je mogoč scenarij, kjer šahistov odgovor ne pripada nobenemu izmed obravnavanih motivov (v primeru, da je pri reševanju potekel čas, ali pa da je bil odgovor nekoliko nenavaden). Takšnih primerov z našim nadzorovanim načinom ne moremo pravilno napovedati. Lahko bi poskusili določiti minimalno mejo maksimuma pripadnosti, pod katero primer ne bi pripadal nobenemu izmed motivov, vendar, glede na to, da je takšnih primerov zanemarljivo malo, se v to nismo spuščali. Rezultati v tabeli 6.2 pokažejo, da na ta način povprečno napovemo že 57 odstotkov pravilnih napovedi, kar je približno 7 pravilnih odgovorov v 12 pozicijah. Čeprav na prvi pogled dosežen rezultat ne deluje najbolj prepričljivo, se moramo zavedati, da ima več kot polovica pozicij prisotnih tri ali štiri motive. Torej nevronska mreža izbira v petih primerih med dvema motivoma, v petih med tremi

Tabela 6.2: Rezultati povprečja našega nadzorovanega preverjanja napovedi odigranega motiva igralca, ki motive v pozicijah obravnava kot celoto.

Iteracija	Strogo	Nadzorovano
1	0.58	0.67
2	0.25	0.50
3	0.33	0.42
4	0.42	0.50
5	0.42	0.83
6	0.42	0.67
7	0.50	0.50
8	0.42	0.67
9	0.42	0.58
10	0.33	0.42
11	0.42	0.67
12	0.42	0.42
Povprečje	0.41	0.57

ter v dveh primerih med štirimi odgovori. Povprečna verjetnost naključnega pravilnega izbora bi v tem primeru bila malo manj kot 39 odstotna.

Nekaj pomislekov pri uspešnosti imamo pri izbiri naših pozicij, zato bomo ponovili poskus z izločitvijo štirih pozicij, ki so na prvi pogled najbolj problematične. Gre za pozicije številka 2, 7, 8 in 12. V teh pozicijah se pojavlja zelo visoko prepletanje motivov, kjer je večina ključnih polj enakih, na kar pa naša formula ni odporna in zato določi enako verjetnost pripadnosti vsem prisotnim motivom. Rezultati, pridobljeni na enak način, kot v tabeli 6.2, vendar z izločenimi 4 pozicijami, so prikazani v tabeli 6.3. Vidimo, da se s tem rezultat pri nadzorovanem načinu izboljša za 10 odstotnih točk in povzpne na 67 odstotno pravilnost vseh napovedi.

Zanimalo bi nas še, če lahko s strojnim učenjem potrdimo našo predpostavko iz začetka poglavja 5, kjer smo trdili, da so zadnje sekunde poskusa najverjetneje najboljši pokazatelj za predvidevanje odgovora udeležencev. Izvedli bomo primerjavo, kjer bomo na isti način, kot je bil uporabljen za pri-

Tabela 6.3: Rezultati povprečja našega nadzorovanega preverjanja napovedi odigranega motiva igralca, ki motive v pozicijah obravnava kot celoto, z izločenimi 4 domnevno neprimernimi pozicijami

Iteracija	Strogo	Nadzorovano
1	0.75	0.75
2	0.25	0.50
3	0.50	0.75
4	0.50	0.62
5	0.75	1.00
6	0.25	0.75
7	0.25	0.50
8	0.50	0.62
9	0.62	0.75
10	0.38	0.38
11	0.62	0.75
12	0.62	0.62
Povprečje	0.50	0.67

Tabela 6.4: Rezultati povprečji nadzorovanega preverjanja napovedi, pridobljeni na enak način kot v tabeli 6.3, vendar z zgolj enim uporabljenim delom izmed podatkov

Uporabljeni del	Strogo	Nadzorovano
1	0.04	0.43
5	0.03	0.41
10	0.02	0.35
15	0.22	0.50
19	0.30	0.49
20	0.41	0.60

dobitev rezultatov v tabeli 6.3, ponovili poskus s to razliko, da bomo pri podatkih namesto vseh 20 delov vzeli samo enega. Poskus bomo zagnali s šestimi različnimi deli. Povprečja vseh 12 iteracij pri posameznih testih so prikazana v tabeli 6.4.

Ker se zdi, da je povprečje prisotnosti v zadnji dvajsetini časa poskusa dovolj informativen podatek, bomo izpeljali še napoved, ki obravnava vse motive enega primera naenkrat. Dosedaj tega še nismo storili zaradi omejitve ene dimenzije za vhodne sezname primerov v nevronske mreže. Torej če vzamemo zgolj zadnji del povprečja prisotnosti motiva, dobimo vsak izmed 144 primerov predstavljen kot vektor s štirimi vrednostmi. Vsaka izmed teh vrednosti predstavlja povprečno prisotnost motiva v zadnji dvajsetini poskusa. Vrednosti so štiri, ker je to maksimalno število motivov v našem poskusu. Če primer vsebuje manj kot 4 motive, so ostale vrednosti enake 0. Razširitev z ničlami izvedemo zaradi pogoja enakomerne dolžine vseh podatkov. Rezultati za učenje so predstavljeni kot vektorji ničel in morebitne enice, ki se nahaja na mestu motiva.

Uporabili bomo prečno preverjanje iz knjižnice 'scikit-learn', ki podatke razdeli na 3 dele. Lastnosti nevronske mreže ostajajo enake kot dosedaj, spremenili smo samo regulacijski parameter alfa, ki je nastavljen na 0.5. Za to spremembo smo se odločili na podlagi poskusov, kjer smo preverili vse alfe

iz naslednje množice števil: 0.0005, 0.005, 0.05, 0.1 in 0.5.

Povprečni rezultat vseh treh preverjanj, izvedenih na celotnih podatkih 12 pozicij, pravilno napove 59.7 odstotkov primerov. Za primerjavo izvedemo še enak poskus z izvzetimi štirimi, po našem mnenju najmanj primernimi pozicijami, kot smo to že storili v tem poglavju, kar dvigne odstotke na 62.5.

Poglavje 7

Sklepne ugotovitve

V našem delu smo razvili metodo, ki na osnovi podatkov sledenja očesa pri reševanju taktičnih šahovskih pozicij, avtomatsko zazna in določi, kateri motiv je šahist pregledoval v danem trenutku. Opazili smo, da je naša metoda učinkovita v primerih, kjer so ključna polja prisotnih motivov različna. Kjer se pojavijo prepletanja motivnih polj, je uspešnost slabša. Več kot je prepletajočih polj, slabša je učinkovitost. Skrajni primer se zgodi v pozicijah, kjer obstajajo motivi, ki so sestavljeni iz podmnožice polj drugih prisotnih motivov v isti poziciji (primeri št. 2, 7 in 8), kjer določitev prisotnosti za omenjeni motiv sploh ni več mogoča v nobenem scenariju. Problem bi mogoče lahko rešili z upoštevanjem vrstnega reda fiksacij. Za primer vzemimo pozicijo št. 2, kjer bi motiv 1 predstavljal vrstni red h7, d7, motiv 2 pa d7, h7. Uporaba takšnega načina bi pomenila, da bi morali nekatere pozicije obravnavati individualno, kar ni bilo po naših željah. Tekom razvoja tega projekta se je pokazalo, da bi bilo najverjetneje smiselno izbrati drugačne pozicije, ki bi bolj ustrezale naši nalogi. Hkrati bi ob ponovni izvedbi poskusa bilo smiselno zastaviti drugače tudi retrospekcije, opravljene s šahisti, ki bi bolj poudarile miselni proces reševanja, kot pa razlago rešitve same. S tem, da smo podatke prevzeli iz drugih poskusov [3, 10, 11], smo sicer prihranili kar nekaj časa, smo pa zato imeli toliko več preglavic z omenjenim prepletanjem motivov in posledično težje ovrednotili učinkovitost naše formule.

Kljub temu smo nato s strojnim učenjem uspeli pokazati, da je na osnovi naših podatkov mogoče priti do solidnih napovedi igralčevega odigranega motiva, to je igralčeve izbrane poteze. Odstotek pravih napovedi bi se gotovo lahko še izboljšalo z boljšo izvedbo strojnega učenja, ter seveda s še več podatkov pozicij, ki so ustrezne za našo metodo.

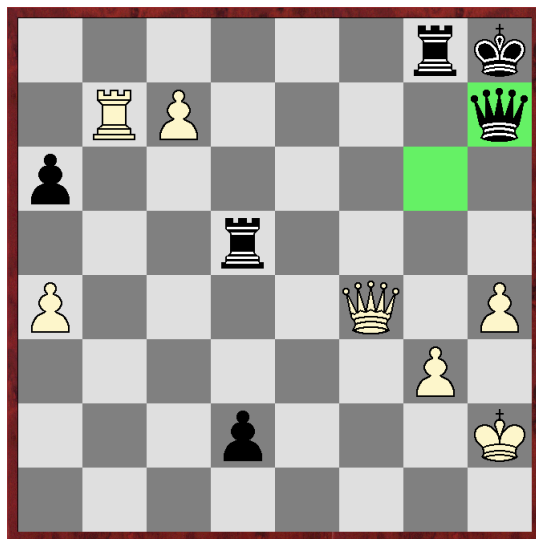
Z možnostjo zanesljivega razpoznavanja motivov skozi čas reševanja bi lahko pridobili dober vpogled v miselni proces šahistov, ki bi ga lahko nato razvili do novih ugotovitev, kot so potek šahistovega preiskovanja, ter primerjave med preiskovanjem boljših in slabših šahistov na enostavnejših in težjih šahovskih pozicijah. Čeprav naša metoda še ni dovršena in ima nekaj pomanjkljivosti, smo v tem delu naredili dober korak v teji smeri.

Dodatek A

Pregled šahovskih taktičnih pozicij

V tem dodatku so po posameznih poglavjih predstavljene taktične šahovske pozicije, ki so bile uporabljene v poskusih, s katerimi so bili dobljeni podatki o sledenju očesa šahistov. Vsako poglavje vsebuje sliko šahovske pozicije, predstavitev prisotnih motivov, opisanih s šahovsko notacijo ključnih polj ter kratkim idejnim opisom, ter vse različne odgovore, ki so jih podali udeleženci poskusa, ter povezavo teh odgovorov z ustreznimi motivi.

Pozicija 1



Slika A.1: Pozicija 1.

Motivi

1. napad na čnega kralja, polja: f4, f6, g8, h7, g7, b8, c8, b7, c7
2. promocija kmeta, polja: c7, c8, b7, h7, f4, f6, h6, g8

Odgovori sodelujočih

- Df6: motiv 1
- c8: motiv 2
- Tb8: motiv 2

Pozicija 2



Slika A.2: Pozicija 2.

Motivi

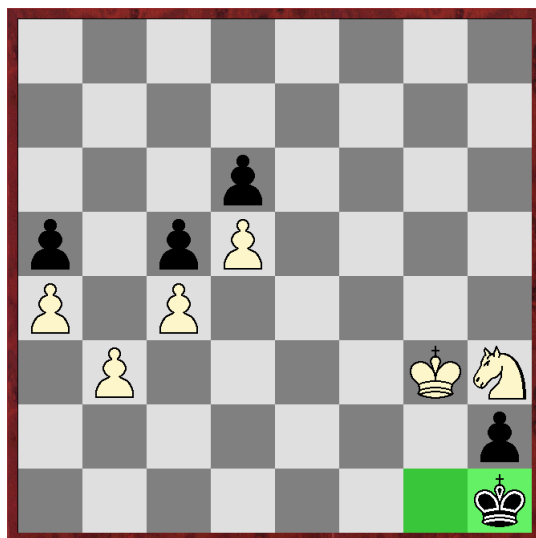
V tem primeru sta motiva zelo podobna in oba privedeta do pozicije, ki vodi v enostavno zmago.

1. napad na črnega kralja, polja: h4, h7, g7, e7, c6, d7, g8, f8, h8
2. pridobitev materiala, polja: h4, h7, g7, e7, c6, d7, g8, f8, h8, g6

Odgovori sodelujočih

- Th7: motiv 1
- Dd7: motiv 2

Pozicija 3



Slika A.3: Pozicija 3.

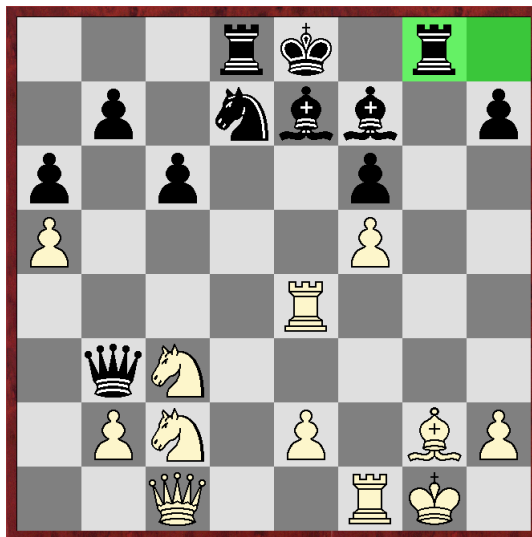
Motivi

1. izogib patu z idejo odvzema kmeta s skakačem na h2, polja: h1, g1, g5, f3, h2
2. izogib patu z žrtvijo kmeta na b4 z matno idejo Kf2, Kf1, Sf2, polja: b3, a5, b4, c5, g3, f2, f1, b2, h3

Odgovori sodelujočih

- Sg5: motiv 1
- b4: motiv 2
- Sf4: nedoločen motiv

Pozicija 4



Slika A.4: Pozicija 4.

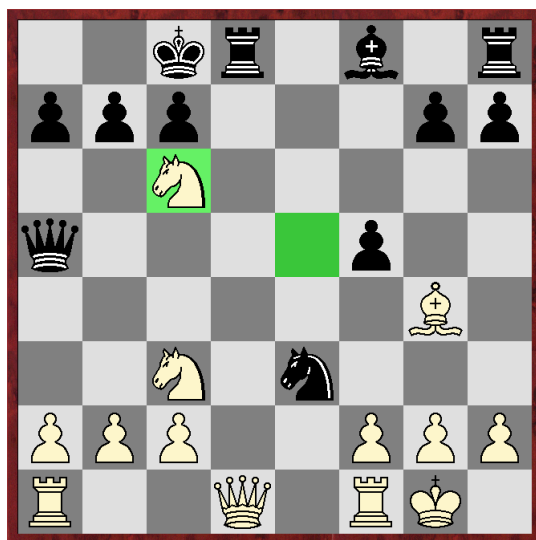
Motivi

1. izkoristiti vezavo črnega tekača ter napad na kralja, polja: e4, e7, c1, e3, d7, e5, f5, f6
2. ujem črne kraljice, polja: c2, a1, a2, b2, c3, a3, b3, a4, b4, c4, b5, a5, e6, d5, b6
3. pripraviti motiv odskoka s prisilitvijo premika črne kraljice na 4. vrsto s potezo Sd4, polja: c2, d4, b3, b4, c4, e4, e6, g2, g8, c3, g1, d8, c7, c5

Odgovori sodelujočih

- Sd4: motiv 3
- Sa1: motiv 2
- De3: motiv 1
- Tb4: motiv 2
- Te7: motiv 1

Pozicija 5



Slika A.5: Pozicija 5.

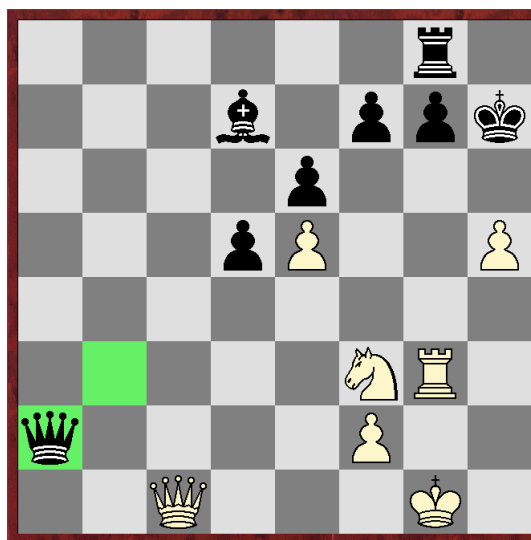
Motivi

1. odvzem kraljice s trdnjavo, polja: d8, d1, c6, a5, f1, a1, e3
2. odstranitev grožnje skakača črni kraljici, polja: a5, f2, e3, d8, d1, g4, f5
3. odvzem kraljice s skakačem, polja: e3, d1, c6, a5, c3, f5, c8, b2
4. razvitje tekača in obramba trdnjave na d8, polja: d1, d8, f8, d6, e3, a5, c6

Odgovori sodelujočih

- bxc6: motiv 2
- Ld6: motiv 4
- Sd1: motiv 3
- Td1: motiv 1

Pozicija 6



Slika A.6: Pozicija 6.

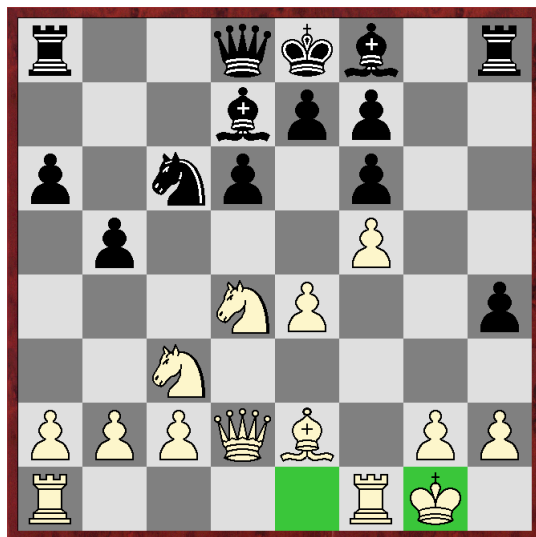
Motivi

1. napad črnega kralja s skakačem na g5, polja: f3, g5, h7, h6, h8, f7, c1, g6, g3
2. naivni napad črnega kralja s kraljico na h6, polja: c1, h6, h7, g7

Odgovori sodelujočih

- Sg5: motiv 1

Pozicija 7



Slika A.7: Pozicija 7.

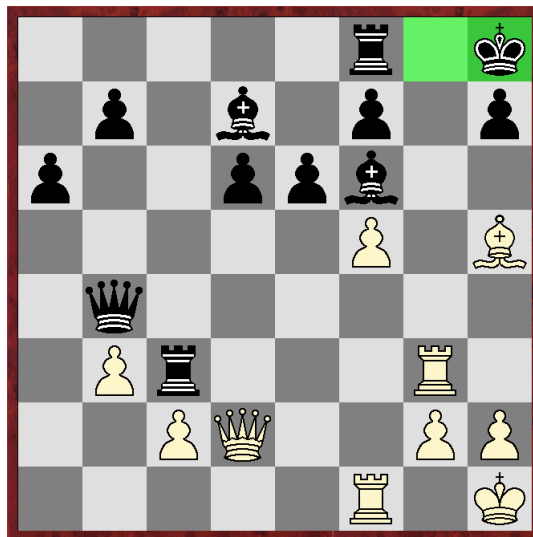
Motivi

1. vezava skakača na d4 s potezo Db6, polja: d8, b6, d4, c6, d2, d4, g1, f8, h6, h8
2. vezava skakača na d4 s potezo Db6, ter obravnava poteze nasprotnika Sd5, polja: d8, b6, d4, c6, d2, d4, g1, f8, h6, h8, c3, d5, c7, e8, a8, e2

Odgovori sodelujočih

- Db6: motiv 2
- Lh6: motiv 1

Pozicija 8



Slika A.8: Pozicija 8.

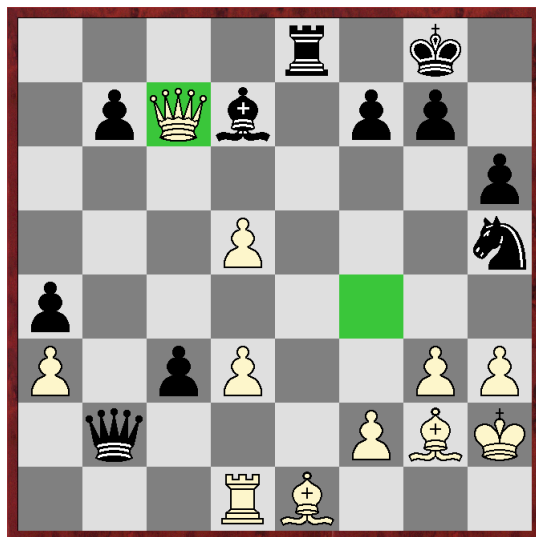
Motivi

1. napad na kralja z Dh6, polja: d2, h6, c3, g3, f8, h8, g8, f7, d7, f6, c6, g7, g2
2. napad na kralja z Lg6, polja: d2, h6, c3, g3, f8, h8, g8, f7, d7, f6, c6, g7, g2, h5, g6
3. napad na kralja z vmesno potezo odmika trdnjave s tempom, polja: d2, h6, c3, g3, f8, h8, g8, f7, d7, f6, c6, g7, g2, g4, b4

Odgovori sodelujočih

- Dh6: motiv 1
- fxe6: nedoločen motiv
- Tg4: motiv 3
- Lg6: motiv 2

Pozicija 9



Slika A.9: Pozicija 9.

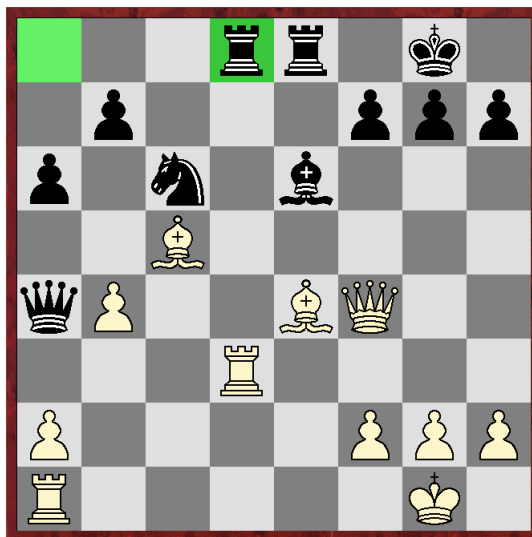
Motivi

1. napredovanje c kmeta, polja: c3, c2, d1, d2, c1, c7, b2, d7, e8, h5, f6
2. žrtev trdnjave (Txe1), polja: e8, e1, d1, b2, f2, g3
3. obramba napadenega lovca, polja: d7, c7, e8, h5, f6, f5, c8

Odgovori sodelujočih

- c2: motiv 1
- Txe1: motiv 2
- Sf6: motiv 3

Pozicija 10



Slika A.10: Pozicija 10.

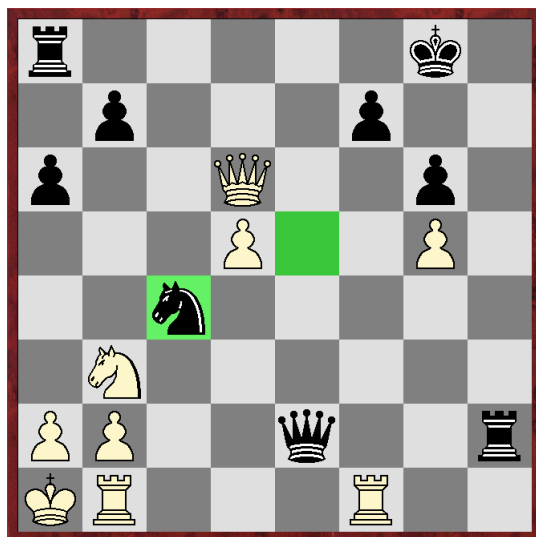
Motivi

1. napad kralja preko polja h7, polja: e4, h7, f4, h4, g8, h6
2. napad trdnjave na d8, polja: d3, d8, f4, h4, e4, c6
3. odmik kmeta s 4. vrste z idejo odvreči lovca s šahom na h7 ter s tem napad kraljice na a4, polja: b4, b5, e4, h7, g8, f4, a4

Odgovori sodelujočih

- Dh4: motiv 1
- Lxh7: motiv 1
- Lc6: motiv 2

Pozicija 11



Slika A.11: Pozicija 11.

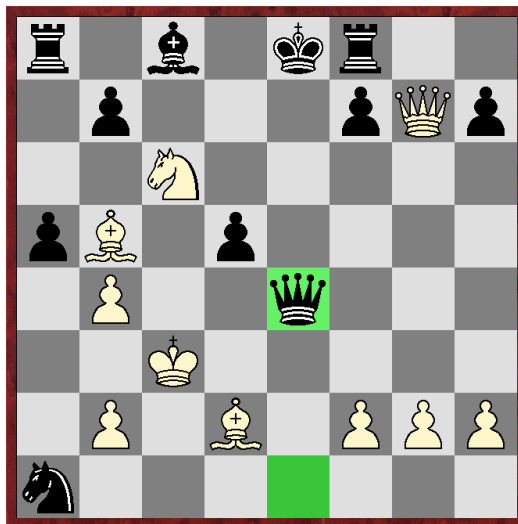
Motivi

1. slabost čnega na f7, polja: f7, f1, d6, c7, d7, f6, f4
2. umik napadene kraljice, polja: c4, d6, c7, d7, f6, f4, g3
3. umik kraljice na c7 z napadom na c4 in h2, polja: d6, c7, c4, h2
4. napad belega kralja preko polja b2, polja: c4, b2, e2, h2, a1, b1, a3

Odgovori sodelujočih

- Dc7: motivi 1, 2 in 3
- Df4: motiva 1 in 2
- Df6: motiva 1 in 2

Pozicija 12



Slika A.12: Pozicija 12.

Motivi

1. umik skakača s šahom, polja: b5, c6, e5, b8, d4, g7, f8, e8, e7, d8, c8, d7
2. napad na Tf8 z Lh6, polja: g7, f8, d2, h6
3. odmik skakača na b8 odreže nasprotnikovo trdnjavo na a8, polja: b5, c6, b8, e8, a8, c8, d7, f8
4. protinapad na belega kralja, polja: e4, a1, c2, c3, d4, c5, b3, e5, e3, d6, d5

Odgovori sodelujočih

- Se5: motiv 1
- Sd4: motiv 4
- Sb8: motiva 1 in 3

Literatura

- [1] M. Bilalić, P. McLeod, F. Gobet, *Why good thoughts block better ones: The mechanism of the pernicious Einstellung (set) effect*. Cognition.;108(3), 2008, pp. 652-61.
- [2] P. J. Blignaut, T. R. Beelders, C-Y. So, *The visual span of chess players*. Proceedings of the 2008 symposium on Eye tracking research and applications (ETRA '08), 2008, pp. 165-171.
- [3] I. Bratko, D. Hristova, M. Guid, *Search Versus Knowledge in Human Problem Solving: A Case Study in Chess*. Model-Based Reasoning in Science and Technology. Springer International Publishing, 2016, pp. 569-583.
- [4] I. Bratko, P. Tancig, S. Tancig, *Detection of positional patterns in chess*. Beal, D. F. (ed.). Advances in Computer Chess 4. Oxford; New York: Pergamon, 1986, pp. 113-126.
- [5] N. Charness, E. M. Reingold, M. Pomplun, D. M. Stampe, *The perceptual aspect of skilled performance in chess: evidence from eye movements*. Memory and Cognition, 29, 2001, pp. 1146-1152.
- [6] W. G. Chase, H.A. Simon, *Perception in chess*. Cognitive Psychology, 4, 1973a, pp. 55-81.
- [7] A. D. De Groot, *Thought and choice in chess*. The Hague: Mouton, 1965.

-
- [8] A. D. De Groot, *Het denken van den schaker*. Amsterdam: Noord Nederlandsche, 1946.
- [9] A. D. De Groot, F. Gobet, *Perception and memory in chess*. Assen (The Netherlands): Van Gorcum, 1996.
- [10] D. Hristova, M. Guid, I. Bratko, *Assessing the difficulty of chess tactical problems*. International Journal on Advances in Intelligent Systems, 7(3 & 4), 2014, pp. 728–738.
- [11] D. Hristova, M. Guid, I. Bratko, *Toward Modeling Task Difficulty: The Case of Chess*. COGNITIVE 2014 : The Sixth International Conference on Advanced Cognitive Technologies and Applications, 2014.
- [12] J. Krivec, *Kognitivno procesiranje informacij: primer igranja šaha*. Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, 2011.
- [13] A. Newell, H. A. Simon, *Human problem solving*. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1972.
- [14] E. M. Reingold, N. Charness, *Perception in chess: evidence from eye movements*. Cognitive processes in eye guidance, Geoffrey underwood, Oxford Univ. Press, 2005.
- [15] E. M. Reingold, N. Charness, M. Pomplun, D. M. Stampe, *Visual span in expert chess players: evidence from eye movements*. Psychological science, 2001a.
- [16] E. M. Reingold, N. Charness, N. Schultetus, D. M. Stampe, *Perceptual automaticity in expert chess players: parallel encoding of chess relations*. Psychonomic Bulletin and Review, 8, 2001b, pp. 504–510.
- [17] H. Sheridan, E. M. Reingold, *Chess players' eye movements reveal rapid recognition of complex visual patterns: Evidence from a chess-related visual search task*. Journal of Vision, 17(3):4, 1–12, 2017.

-
- [18] S. Stoiljkovikj, I. Bratko, M. Guid, *A computational model for estimating the difficulty of chess problems*. Advances in cognitive systems, 2015.